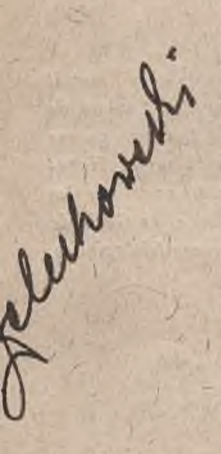
EXTRAIT DU BULLETIN DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES DE CRACOVIE
CLASSE DES SCIENCES MATHÉMATIQUES ET NATURELLES. SÉRIE A: SCIENCES MATHÉMATIQUES
NOVEMBRE—DÉCEMBRE 1916

Dall

Über die Entstehung der heutigen Tiefen des Philippinen-Grabens

von

J. Smoleński





CRACOVIE
IMPRIMERIE DE L'UNIVERSITÉ
1917

L'ACADÉMIE DES SCIENCES DE CRACOVIE A ÉTÉ FONDÉE EN 1873 PAR

S. M. L'EMPEREUR FRANÇOIS JOSEPH I.

PROTECTEUR DE L'ACADÉMIE:

S. A. I. ET R. CHARLES ÉTIENNE, ARCHIDUC D'AUTRICHE.

VICE-PROTECTEUR:

Vacat.

PRÉSIDENT: S. E. M. LE COMTE STANISLAS TARNOWSKI.

SECRÉTAIRE GÉNÉRAL M. BOLESLAS ULANOWSKI.

EXTRAIT DES STATUTS DE L'ACADÉMIE

(§ 2). L'Académie est placée sous l'auguste patronage de Sa Majesté Impériale Royale Apostolique. Le Protecteur et le Vice-Protecteur sont nommés par S. M. l'Empereur.

(§ 4). L'Académie est divisée en trois classes:

a) Classe de Philologie,
b) Classe d'Histoire et de Philosophie,
c) Classe des Sciences Mathématiques et Naturelles.

(§ 12). La langue officielle de l'Académie est la langue polonaise.

Depuis 1885, l'Académie publie le «Bulletin International» qui paraît tous les mois, sauf en août et septembre. Le Bulletin publié par les Classes de Philologie, d'Histoire et de Philosophie réunies, est consacré aux travaux de ces Classes. Le Bulletin publié par la Classe des Sciences Mathématiques et Naturelles paraît en deux séries. La première est consacrée aux travaux sur les Mathématiques, l'Astronomie, la Physique, la Chimie, la Minéralogie, la Géologie etc. La seconde série contient les travaux qui se rapportent aux Sciences Biologiques.

Publié par l'Académie
sous la direction de M. **Ladislas Kulczyński,**
Secrétaire de la Classe des Sciences Mathématiques et Naturelles.

15 czerwca 1917.

Nakładem Akademii Umiejętności.

Kraków. 1917. — Drukarnia Uniwersytetu Jagiellońskiego pod zarządem Józefa Filipowskiego.

EXTRAIT DU BULLETIN DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES DE CRACOVIE
CLASSE DES SCIENCES MATHÉMATIQUES ET NATURELLES. SÉRIE *A*: SCIENCES MATHÉMATIQUES
NOVEMBRE—DÉCEMBRE 1916

Über die Entstehung der heutigen Tiefen des Philippinen-Grabens

von

J. Smoleński



CRACOVIE
IMPRIMERIE DE L'UNIVERSITÉ
1917



O powstaniu dzisiejszych głębin rowu Filipińskiego. — Über die Entstehung der heutigen Tiefen des Philippinen-Grabens.

Mémoire

de M. *J.* ***SMOLEŃSKI,***

présenté, dans la séance du 11 Décembre 1916, par M. L. Szajnocha m. c.

I. Einleitung: Geschichtliches über die Erforschung des Grabens.

Der Zweck der Arbeit ist eine kritische Besprechung einiger durch die letzten Lotungen in der Gestalt des Philippinen-Grabens festgestellten Züge, was zu manchen Schlüssen über die Entstehung dieser Formen führen soll.

Das Tatsachenmaterial bilden hauptsächlich die Lotungslisten der „Planet“-Expedition vom Jahre 1907 [1]) und 1912, von denen die letztere erst im vorigen Jahre vollständig veröffentlicht wurde [2]).

Die gelegentliche Schilderung der Bodenbedeckung beruht auf der vorläufigen Mitteilung von Dr. Horn, der die Grundproben. der letzten Expedition bearbeitet [3]).

Der Begriff eines „Philippinen-Grabens“ als einheitlicher Einsenkung, die längs der östlichen Küste der südlichen Philippinen-Inseln verläuft, entstand erst nach 1907, in welchem Jahre das

[1]) Forschungsreise S. M. S. Planet 1906/7. III. Ozeanographie (W. Brennecke) Herausgeg. vom Reichsmarineamt. Berlin 1909.

[2]) Ozeanographische Arbeiten S. M. S. Planet im westlichen Stillen Ozean 1912/13 (W. Brennecke). Annalen der Hydrographie u. s. w. XXXXIII. Berlin 1915, S. 145—158, Taf. 10.

[3]) Ebenda, 1915, S. 147.

deutsche Vermessungsschiff „Planet“ seine ersten Lotungsarbeiten in diesen Gebieten des Stillen Ozeans durchführte. Früher waren hier nur einzelne Tiefen bekannt, die so weit voneinander entfernt lagen, daß man aus ihnen recht wenig über die Morphologie des Meeresgrundes schließen konnte. Nur der Umstand, daß die bekannten Tiefen in der Nähe der Küsten größer waren als die weiter östlich in offenem Meere gelegenen, und die Annahme einer Analogie mit den Formen, welche für die Randgebiete des Pazifiks — und besonders für die Nachbarschaft seiner Inselguirlanden — so charakteristisch sind, ließ diese Tiefen als wahrscheinlich der Form der Tiefseegräben angehörend betrachten. Dies galt sowohl für die Tiefen nördlich von Samar, gegenüber der S. Bernardino-Straße, wie auch für die vom „Edi“ östlich des Talaut-Archipels geloteten [1]). Beide erreichten nicht 7000 m (6383, 6757), was dennoch im Vergleich mit den östlich angrenzenden Meeresgebieten einem Tiefenunterschied von ca. anderhalbtausend Metern entsprach. Ihr gegenseitiges Verhältnis, der Grad ihrer Selbständigkeit, war unsicher. Noch im Jahre 1907 werden von Krümmel bei Zusammenstellung der Tiefseegraben-Liste zwei gesonderte Gräben unterschieden: S. Bernardino und Talaut, gleichzeitig wird aber von demselben die Möglichkeit des Vorhandenseins noch anderer ähnlicher Bildungen am Ostrande der Philippinen betont [2]).

Die Lotungen der Planet im Jahre 1907 haben hierüber Aufklärung gebracht [3]). Östlich von Mindanao, in nördlicher Verlängerung des „Talaut-Grabens“, fand man (in der Richtung vom Süden nach Norden) Tiefen: 8554, 7939, 8500, 7259 m, die den weiteren Verlauf der Rinne bezeichneten, südlich vom „S Bernardino-Graben“, östlich von Samar, die (freilich etwas fragliche) Tiefe von 8900 m. Es bestand zwar eine breite Lücke zwischen 7° und 9° nördl. Breite, wo noch keine Lotungen durchgeführt wurden, aber die mächtige Tiefe weiter nördlich sprach eher für einen Zusammenhang der im Norden und Süden entdeckten Bodeneinsenkungen.

[1]) Vergl.: G. Schott u. Perlewitz: Lotungen des Edi und des Kabeldampfers Stephan im westl. Stillen Ozean. Archiv der Deutschen Seewarte, XXIX, Hamburg 1906.

[2]) O. Krümmel: Handbuch der Ozeanographie, I. (2. Aufl.), Stuttgart 1907, S. 116 u. 125.

[3]) Forschungen S. M. S. „Planet“ 1906/7. II. Ozeanographie (W. Brennecke). Herausgeg. v. Reichsmarineamt. Berlin 1909.

Der Begriff eines einheitlichen, großen Tiefseegrabens, — „des Philippinengrabens", — entsprach am besten den beobachteten Tatsachen.

Nach fünf Jahren (1912) kam die Planet in ihr altes Arbeitsgebiet. Mehrere Lotungen wurden im Bereiche des Philippinengrabens durchgeführt, die das Bild dieser Form wesentlich vervollständigten. „An vier verschiedenen Stellen wurde eine Tiefe von mehr als 9000 m gefunden und hierbei die größte jemals gelotete Meerestiefe von 9788 m in 9°56′N-Br., 126°50′0-Lg. festgestellt". Die Hauptzüge des Reliefs traten deutlich hervor. Auch Bodenproben wurden gesammelt und untersucht. Die Ergebnisse dieser Forschungsreise wurden teilweise schon in demselben Jahre 1912 in einer vorläufigen Mitteilung bekanntgegeben[1]), ein ausführlicher Bericht mit vollständiger Lotungsliste erschien erst im J. 1915[2]). Eine beigefügte Karte[3]) stellt die bathymetrischen Verhältnisse des Philippinen-Grabens und seiner Nachbargebiete im Osten und Norden — bis zum Liu-Kiu-Graben — dar.

Die Lotungen der Planet-Expedition wurden auch früher kartographisch verwertet. Schon im Jahre 1912 hat Dr. Max Groll[4]) mit Benützung einer vom Reichsmarineamt zur Verfügung gestellten Skizze, die auf den letzten, damals noch nicht publizierten Lotungen der „Planet" basierte, ein schönes Kärtchen (1 : 15000000) der Tiefen östlich der Insel Formosa und des Philippinen-Archipels entworfen. Dasselbe Material wurde auch im J. 1913 in Groll's Tiefenkarte des Stillen Ozeans (1 : 40000000) berücksichtigt[5]).

Nicht in allen Einzelheiten stimmen die Karten überein. Unterschiede subjektiver Auffassung der Meeresbodenformen sind beim Führen der Tiefenlinien auf Grund relativ spärlicher Lotungspunkte unvermeidlich.

[1]) Ann. der Hydr., XXXX, 1912, S. 608.

[2]) Ozeanographische Arbeiten S. M. S. „Planet" in westl. Stillen Ozean 1912/13 (W. Brennecke). Ann. d. Hydr., XXXXIII, 1915, S. 145—158, Taf. 10.

[3]) Ohne Angabe des Maßstabes. Derselbe beträgt ungefähr 1 : 9780000.

[4]) Zeitschr. der Ges. für Erdkunde zu Berlin 1912, Nr. 8, S. 630, Fig. 31.

[5]) Nicht in der ersten Ausgabe (Tiefenkarten der Ozeane, Taf. III. Veröff. des Inst. für Meereskunde. N. F.: A. 2. Berlin 1913), wo die Karte des Stillen Ozeans im Januar 1912 beendet wurde, sondern in den späteren, z. B. in der Beilage zur Zeitschr. der Ges. für Erdkunde zu Berlin 1913 (im März 1913 beendet), wo die Lotungen von 1912 schon Berücksichtigung gefunden haben.

II. Lage und Grenzen des Grabens. Verlauf der 6000 m-Isobathe.

Betrachtet man die Verteilung der einzelnen Tiefen im östlichen Nachbargebiete der Süd-Philippinen, so sieht man, wie sich der Meeresboden schnell von der Inselküste nach Osten senkt. Wenn man das Gebiet zwischen dem Archipel im Westen und dem Meridian 130° im Osten in eine Reihe W—O verlaufender, paralleler Streifen zerlegt und jedem dieser Streifen, der Reihe nach, vom Süden beginnend, nur die größte bekannte Tiefe entnimmt, bekommt man folgende Tiefenpunkte: 7243—7854—9032—9020—8554—7939—8500—9788—8622—9386—7888—8900 m. Die Linie, welche diese Punkte miteinander verbindet, verläuft dem Ostsaume des Archipels parallel in einer Entfernung von etwa 80—90 km von der Küste (bezw. vom Schelfrande)[1]. Man darf sie als der Achse des Tiefseegrabens im großen und ganzen entsprechend betrachten.

Östlich von derselben steigt der Boden an und man findet gewöhnlich schon in einer Entfernung von 100 km geringere Tiefen, die sich zwischen 5000 und 6000 m bewegen, ohne unter diese letzte Zahl zu sinken. Als Ostgrenze des Grabens kann man also die 6000 m-Isobathe betrachten; in ihrer Nähe beginnt im Querschnitt der Abfall des Meeresbodens vom Osten gegen die Grabenachse (vergl. a. a. O., 1915, Profil D).

Die Tiefenlinie von 6000 m nähert sich im Norden dem Parallelkreise 15°, ohne ihn zu erreichen. Die Grenze wird von der querverlaufenden Linie älterer Lotungen längs der Kabellinie Guam-Luzon bezeichnet, die hier lauter Tiefenpunkte von weniger als 6000 m enthält. Die Umkehrung der Isobathe erfolgt unmittelbar südlich der erwähnten Linie (vergl. die Lage der Lotung 5962 m!). Im Süden reicht die 6000 m-Isobathe bis in die Nähe des 4° nördl. Br., östlich der Talaut-Inseln. Der südlichste, in ihrem Bereiche liegende bekannte Punkt ist 6758 m; unweit davon breitet sich nördlich der Insel Gillolo und Morotai (Molukken) ein seichteres Meer aus.

Das Gebiet von mehr als 6000 m Tiefe erstreckt sich demnach hier in der Länge von beinahe 11°—ca. 1200 km — mit der Verlaufsrichtung (vom Süden beginnend) SO—NW, dann (von ca. 5°

[1]) Nur im Süden, im Bereiche des alten „Talaut-Grabens“, ist die Entfernung größer. Hier, im Südosten von Mindanao, verschiebt sich die Grabenachse leicht gegen Osten.

nördl. Br.) SSO—NNW, endlich wiederum (von ca. $12^{0}/_{0}{}^{0}$ nördl. Br.) SO—NW. Aber auch jenseits der erwähnten Isobathe läßt sich noch die Grabenform im Verlaufe der 5000 m-Tiefenlinie (teilweise auch in geringeren Tiefen) bemerken. Im Norden scheint ihr außerdem eine Depression zu entsprechen, die in meridionaler Richtung östlich von Luzon, zwischen dieser Insel und einer ihr parallelen unterseeischen, bis über 3000 u. N. ansteigenden Erhebung verläuft [1]). Ein unmittelbarer Zusammenhang mit dem Liu-Kiu-Graben in der Gegend von Formosa besteht jedenfalls nicht Übrigens sind die bathymetrischen Verhältnisse dieser Grenzgebiete infolge spärlicher Lotungen wenig sicher, und es ist verständlich, daß sie in den erwähnten Karten verschieden aufgefaßt werden.

An zwei Stellen nähert sich die 6000 m-Isobathe vom Osten der Grabenachse, was einer Verschmälerung der Einsenkung entspricht: östlich von Mindanao, in ca. $8^{1}/_{2}{}^{0}$ nördl. Breite (vergl. Lotungspunkt 5846 m), und östlich von Samar, oberhalb 12^{0} (vergl. Lotungspunkt 5971 m), wo der nördliche Teil des Grabens sich etwas mehr nach Westen neigt, der Richtung des Archipelsaumes, zu welchem er parallel verläuft, im großen und ganzen folgend. Es fehlen Lotungen, auf deren Grund man den Verlauf der genannten Tiefenlinie zwischen diesen zwei Punkten feststellen könnte; die nächsten liegen weit im Osten. Aber sowohl im Norden wie im Süden dieser Lücke läßt sich eine scharfe Biegung der Isobathe nach Osten bemerken [2]). Sie beschreibt hier wahrscheinlich einen Bogen [3]), bildet

[1]) Ob aber diese Einsenkung in ihrer ganzen Länge unter 5000 m Tiefe hinabreicht (wie es die Karte a. a. O., 1915 vorstellt), ist fraglich. Eher dringt die 5000 m-Isobathe nur in ihren südlichen Teil, um dann nach den weiter östlich liegenden, mit dem Philippinen-Graben in keinem Zusammenhang stehenden Tiefen umzubiegen. Dies bezeugt der Querschnitt östlich von Luzon über den Lotungspunkt 3111 m ($17^{0}43'$ nördl. Br. — $123^{0}19'$ östl. L.) und weiter bis zum Meridian 130^{0}: 3111—3876—3716 m.

[2]) Sie wird von der gegenseitigen Lage der Punkte 5971—6030 m im Norden und 5876—6052 m im Süden der Lücke gekennzeichnet.

[3]) So wird sie in der Karte des Berichtes von 1915 dargestellt. Groll's Skizze von 1912 zeigt eine scharfe Knickung der Tiefenlinie nach Osten an beiden Stellen, sowohl im Norden wie im Süden, und einen ziemlich geradlinigen Verlauf derselben in der Mitte. Auf Grund's Tiefenkarte des Stillen Oceans (1913) sind diese Verbiegungen so intensiv, daß beiderseits eine S-förmige Krümmung entsteht, was dem Horizontalschnitt eines unterseeischen, dem Graben parallelen Rückens, der im Mittelteile unter 6000 m hinabsinkt, nicht unähnlich ist.

Welche Interpretation der Wirklichkeit entspricht, läßt sich heute nicht ent-

jedenfalls eine Konvexität, die den breitesten Teil des Grabens bezeichnet.

Bezeichnend ist es, daß diese Verbreiterung genau der Lücke zwischen Mindanao und Samar gegenüber liegt, während die beiden erwähnten Verengerungen des Grabens von der östlichen Verlängerung der Parallelachsen dieser Inseln getroffen werden.

III. Die Tiefenverteilung, ihr Verhältnis zum Archipel, ihre Entstehung.

Die Maximaltiefen der einzelnen Grabenabschnitte, die den ungefähren Verlauf seiner Achse markieren, weisen beträchtliche bathymetrische Unterschiede auf. In ihrer Verteilung bemerkt man eine gewisse Regelmäßigkeit. Wenn man die äußersten Ausläufer des Grabens im Süden und Norden außer acht läßt, wo die Form seichter wird und verflacht, kann man in der Grabenachse tiefere und weniger tiefe Abschnitte unterscheiden. Diese werden, der Reihe nach, vom Süden beginnend, durch folgende Achsentiefen charakterisiert (in Metern):

I. 9032, 9020
II. 8554, 7939, 8500
III. 9788, 9386
IV. 7888
V. 8900.

Wir haben hier also abwechselnd tiefere (I, III, V) und seichtere (II, IV) Partien. Von den zufälligen Lotungspunkten werden natürlich weder die größten Tiefen der einzelnen Grabenteile noch die denselben entsprechenden charakteristischen Mittelwerte angegeben, und doch erweist sich der bathymetrische Gegensatz der bekannten Tiefen nicht als nur scheinbar, sondern als der wirklichen Sachlage in gewissem Grade entsprechend. Dies wird durch das gegenseitige Verhältnis zwischen den gefundenen Tiefen und der Breite des Grabens bezeugt. Es wurde schon früher betont, daß die 6000 m-Isobathe sich vom Osten an zwei Stellen der Gra-

scheiden; übrigens ist das für unsere Betrachtungen ziemlich belanglos. Die wichtigste Tatsache, daß der Graben in diesem Abschnitte breiter ist als in den nördlich und südlich anschließenden, bleibt unbestritten und wird auch von allen drei Karten berücksichtigt.

benachse nähert, was einer Verengerung des Grabens entspricht. Nun fallen diese engeren Grabenteile mit den durch geringere Tiefen gekennzeichneten Abschnitten II und IV zusammen. Gegenüber den tieferen Abschnitten I, III, V liegt die 6000 m-Isobathe in der Regel weiter östlich, und obwohl sich ihr Verlauf nicht überall mit Sicherheit feststellen läßt, bleibt doch die charakteristische Tatsache bestehen, daß die früher erwähnte auffällige Konvexität dieser Tiefenlinie und damit die größte Breite des Grabens dem tiefsten Grabenabschnitte III entspricht. Die am Boden des Tiefseegrabens festgestellten Tiefen stehen mit dem Verlauf der 6000 m-Isobathe im Einklang; tieferen Abschnitten entspricht eine größere Breite des Grabens, seichteren Teilen eine Verengerung desselben (Fig. 1).

Diese abwechselnde Aufeinanderfolge von mehr und weniger tiefen Grabenteilen mit gleichzeitigem Wechsel ihrer Breite macht den Eindruck von querverlaufenden Undulationen, Zonen relativer Senkungen und Hebungen. Wenn wir von der Voraussetzung ausgehen, daß sie die Grabenachse mehr oder weniger senkrecht kreuzen, und wenn wir die Verlängerung ihrer Achsen im Westen verfolgen, sehen wir, daß sie sich im Gebiete des angrenzenden Archipels in gewissem Grade bemerkbar machen.

Die Achse des tiefen Grabenabschnittes I streift die Südküste von Mindanao und fällt demnach mit der Grenze des ganzen Inselbogens zusammen. Der nächste tiefe Abschnitt III entspricht der Lücke zwischen Mindanao und Samar, in deren Mitte sich der Meeresboden bis über 1900 m senkt und weiter westlich in einen Kessel von mehr als 4500 m Tiefe übergeht. Dem weiteren tiefen Grabenteile V gegenüber liegt die Lücke zwischen Samar und Luzon. Die Achse des geringere Tiefen aufweisenden Abschnittes II fällt mit der Längsachse der größten Insel der Süd-Philippinen (Mindanao) zusammen; die Achse des ebenfalls seichteren Abschnittes IV trifft Samar und einige größere W und SW von Samar liegende Inseln. Das endgültige Verflachen des Grabens im Norden (Abschnitt VI) erfolgt auf der Höhe von Süd-Luzon[1]). Den seichteren

[1]) Das dem Tiefseegraben parallele, hypsometrische Profil durch die Mitte des südlichen Inselbogens zeigt eine weitgehende Ähnlichkeit mit dem Längsprofil des Grabens. Vom Meere im Süden (Senkung-Abschn. I) beginnend, durchschneidet es Mindanao (Hebung-Abschn. II), quert die nördlich gelegene, bis zu 1900 m tiefe Meeresstraße (Senkung-Abschn. III), passiert die sich aus flachem Meere erhebende

Grabenteilen entsprechen also im Westen größere Inseln oder Inselgruppen, den tieferen die diese Inseln trennenden Meeresstraßen.

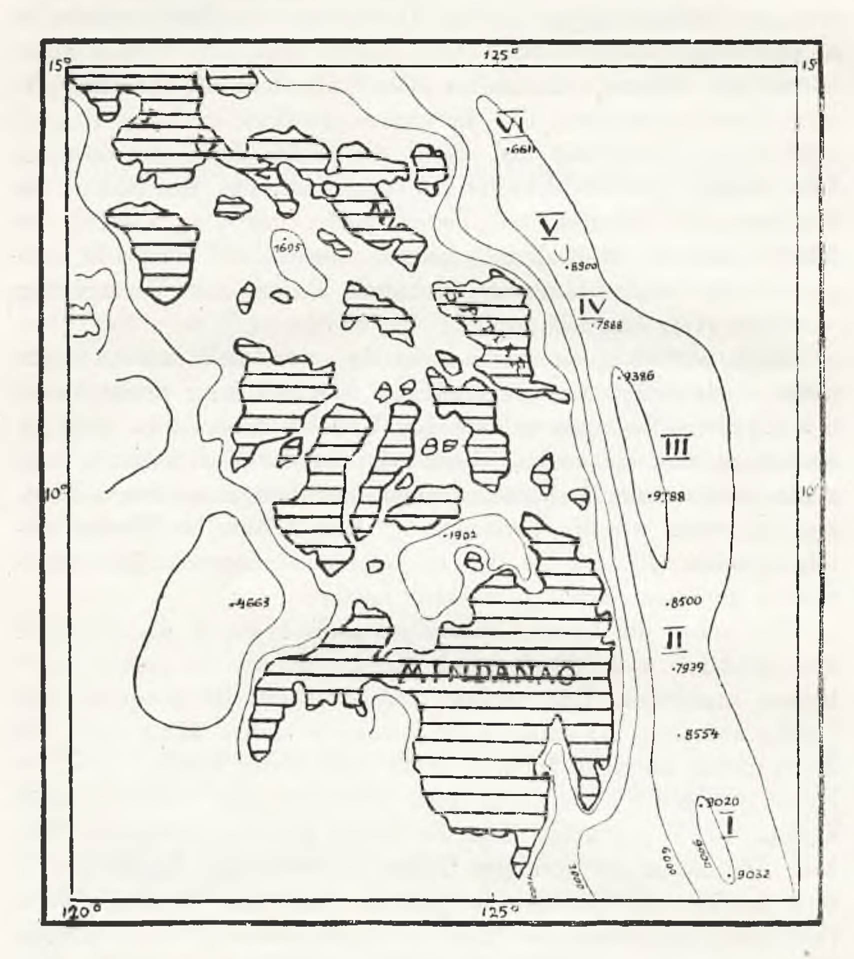


Fig. 1.

Dieser Zusammenhang zwischen der Konfiguration des Archipels und der Bathymetrie des angrenzenden Tiefseegrabens kommt noch in anderer Weise zum Ausdruck. Wenn man das Gebiet zwischen

mittlere Inselgruppe (Hebung-Abschn. IV), fällt in den diese von Luzon trennenden Meeresarm, welcher gelegentlich Tiefen bis zu 1700 m aufweist (Senkung-Abschn. V) und erreicht endlich die Höhen von Luzon (Hebung-Abschn. VI).

6°—14° nördl. Breite und 120°—127° östl. Länge, in welchem der südliche Teil des Inselbogens liegt, in eine Reihe von parallelen, W—O-verlaufenden Zonen einteilt, in jeder derselben die Größe der Landoberfläche mißt und das Verhältnis dieser zu der ganzen Zonenfläche berechnet, erhält man annähernd (in Prozenten)[1]:

1)	zwischen 6° — 7°	beträgt der Landesanteil	23·75%
2)	„ 7° — 8½°	„ „ „	46·70 „
3)	„ 8½°—10½°	„ „ „	22·35 „
4)	„ 10½°—11½°	„ „ „	29 „
5)	„ 11½°—13°	„ „ „	22·75 „
6)	„ 13° — 14°	„ „ „	33·35 „

Die Zonen zeigen also abwechselnd größeren (2, 4, 6) und kleineren (1, 3, 5) Landesanteil[2]. Prüft man deren Verhältnis zum angrenzenden Tiefseegraben nach, so findet man, daß den ersteren im NO-Nachgebiete weniger tiefe (II, IV, VI), den letzteren tiefere (I, III, V) Grabenteile entsprechen.

Diese Koinzidenz läßt sich auch anders darstellen. Man kann diese Verhältnisse der Land- und Wasserverteilung in Diagrammform angeben, die geogr. Breite als Ordinate, den Prozentanteil des Landes in einzelnen Zonen als Abszisse annehmend. Die erhaltene Kurve zeigt, mit dem Längsprofil des Tiefseegrabens verglichen, eine deutliche Analogie. Die Hebungen und Senkungen beider Linien entsprechen einander in gegenseitiger Lage und Folge (Fig. 2).

Es wäre wohl verfehlt, dies alles durch Zufälligkeiten zu erklären. Vielmehr muß ein inniger Zusammenhang zwischen der Konfiguration des Inselbogens und der Bathymetrie des angrenzenden Tiefseegrabens angenommen werden. Denselben Ursachen —

[1]) Die Messungen gaben hier nur angenäherte Werte, was schon durch den Maßstab der gebrauchten Karte (1 : 10000000) erklärlich ist. Es handelt sich hier aber nicht um absolute Zahlen, sondern um ihr gegenseitiges Verhältnis. Da alle Messungen auf einer und derselben Karte und mit Anwendung derselben Methode durchgeführt wurden, darf man bei einzelnen Ergebnissen analoge Fehler erwarten, so daß das gegenseitige Verhältnis der gewonnenen Zahlen (und nur dieses ist hier von Wichtigkeit) der Wahrheit mehr entsprechen dürfte, als diese Zahlen selber.

[2]) Die Unterschiede treten noch stärker hervor (und der Zusammenhang mit der Grabenform wird noch deutlicher), wenn man das Gebiet nicht in O—W-verlaufende, sondern zur Grabenachse mehr senkrechte Zonen zerlegt (also NO—SW, bzw. ONO—WSW).

relativen Hebungen und Senkungen — sind die Hauptzüge der heutigen Verteilung von Land und Meer im Bereiche des Philippinen-Archipels einerseits, die allge-

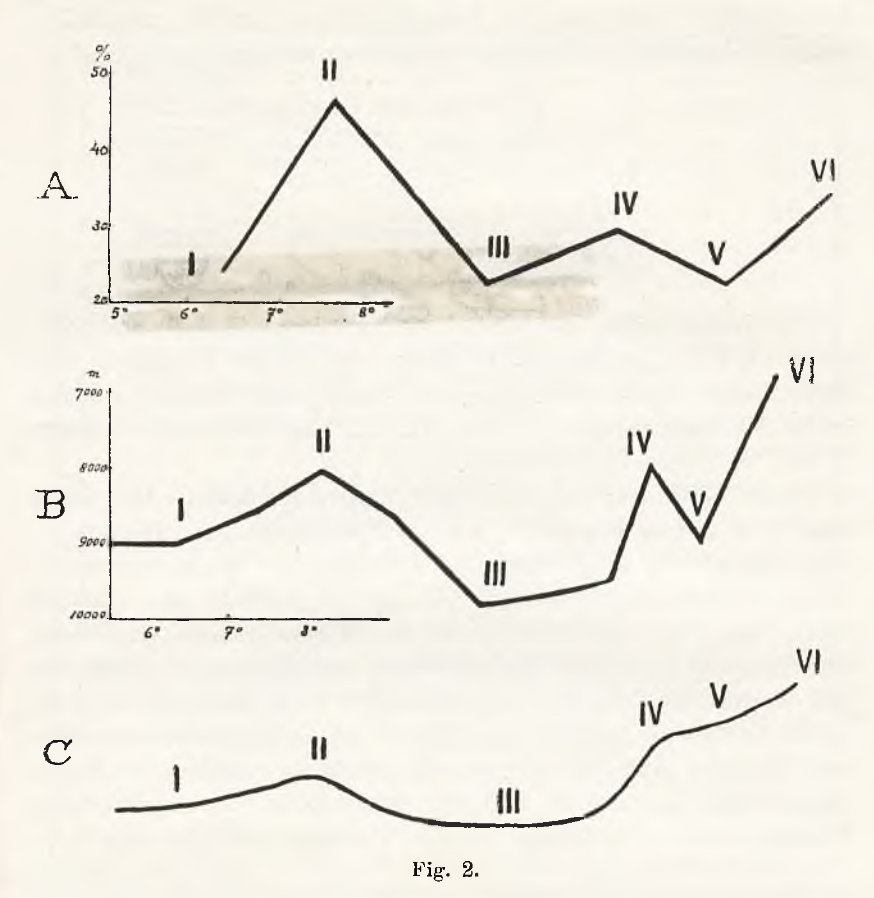


Fig. 2.

A. Diagramm der Landesanteile (in %) in einzelnen Breitezonen zwischen 120° und 127° östl. Lg. und 6° und 14° nördl. Br. (vergl. Text).

B. Längsprofil durch den Philippinen-Graben.

C. Verlauf der 6000 m-Isobathe im Osten des Grabens (nach der Karte des Planet-Berichtes v. J. 1915).

meinen Tiefen- und Breitenunterschiede der einzelnen Teile des Philippinen-Grabens anderseits zuzuschreiben.

Daß die ostasiatischen Inselbögen mit den sie begleitenden Tiefseegräben genetisch zusammenhängen und tektonisch innig verknüpft sind, ist längst anerkannt, obwohl die Entstehung dieser Formen bald im Sinne von Suess durch Faltungsvorgänge erklärt, bald nach v. Richthoffen als Folge von Zerrung aufgefaßt wird. Das Problem wurde letztens von E. Horn behandelt[1]), der hier die ausschlaggebende Rolle dem Tangentialdruck zuschreibt und in den Inselbögen mit Vortiefe ein Glied einer Entwicklungsreihe sieht, welche von einer einseitig gebauten Großfalte (im Sinne Abendanon's[2])) beginnend, zum Typus der alpinen Gebirge führen soll.

Wie auch nur immer der Vorgang erklärt wird, dem diese Formen — als solche — ihre Entstehung verdanken, jedenfalls beruht er auf Krustenbewegungen, deren Richtung sich im allgemeinen Verlaufe der Großform und in der Struktur widerspiegelt. (In unserem Falle NNW—SSO : Richtung des gehobenen Schollenrandes, Verlauf des benachbarten abgesunkenen „Vorlandgrabens“, Streichrichtung der Faltung der Randkordilleren). Die Bewegungen dagegen, deren Vorhandensein uns die Betrachtung der Tiefenverteilung am Boden des Tiefseegrabens erkennen ließ, werden durch andere Richtungen gekennzeichnet. Sie verlaufen ungefähr senkrecht zur Graben- und Inselbogenachse und haben mit der Genese dieser Gebilde (als Ganzen) nichts gemein. Es sind sekundäre Bewegungen, die die schon bestehenden Großformen umgestaltet haben. Daß sie jünger als dieselben sind, daß sie überhaupt sehr jung sind, erkennt man deutlich aus ihrem Zusammenhange mit dem gegenwärtigen Bilde des Archipels, welches sicher späten Datums ist. Das Gebiet der Philippinen ist nämlich nach der Hauptfaltung im Jungtertiär keineswegs bewegungslos geblieben[3]). Wir finden dort gehobene Pliozänschichten. Korallendecken umhüllen manche Inseln bis über 1200 m ü. M.[4]). Hochliegende Strandterrassen weisen auf ganz

[1]) E. Horn: Über die geologische Bedeutung der Tiefseegräben. Geol. Rundschau, V, Leipzig 1915, S. 422.

[2]) E. C. Abendanon: Die Großfalten der Erdrinde. Leiden 1914.

[3]) G. Becker: Report on the geology of the Philippine Islands. (U. S. Geol. Surv., 21. Annual Rep. III). Washington 1901.

[4]) Smith, Warren D. (I. P. Iddings). The Philippine Islands. (Handb. der regionalen Geologie, herausgeg. v. G. Steinmann u. O. Wilckens, Bd. VI, 5). Heidelberg 1910.

junge Hebungen. Diese Krustenbewegungen, die dem Archipel die gegenwärtige Gestalt gegeben haben, sind also jedenfalls nachpliozänen Alters, vielleicht noch jünger. Dasselbe Alter muß also auch der Entstehung der heutigen Tiefenverhältnisse im Tiefseegraben zugesprochen werden.

IV. Die Bodenbedeckung. Die Grundprobe aus der größten Meerestiefe und ihre Bedeutung.

Die vorläufige Untersuchung der Grundproben von Dr. Horn zeigt, daß das Sediment, das den Boden des Grabens bedeckt, ziemlich eintönig ist. Es besteht aus Ton mit Beimengung vulkanischer (Augit, Hornblende, Feldspat, Glimmer — Bestandteile der Philippinen-Andesite) und kontinentaler Mineralien. Beimengungen organischer Herkunft bestehen aus Spongiennadeln, Radiolarien und Diatomeen [1]). Die Farbe dieser Tone schwankt — nach größerem oder kleinerem Abstand von der Küste — von grau bis schokoladenbraun, welch letzte Ablagerung, wenn sie wenig vulkanische Beimengungen enthält, als „roter Tiefseeton" bezeichnet werden kann.

Der Charakter des Sedimentes entspricht den Bedingungen seiner Bildung: der Küstennähe und der großen Tiefe des Meeres, wodurch sich auch der Kalkmangel erklärt [2]).

Mehrere Proben zeigen eine Art von Schichtung. Diese besteht im Vorkommen fast rein vulkanischen Materials im Liegenden der Tonschicht oder im Vorhandensein dünner Einlagen desselben Materials im Ton.

Die Erscheinung ist durch den vulkanischen Charakter des angrenzenden Inselbogens leicht zu erklären. Bezeichnend scheint mir der Umstand zu sein, daß in den Tiefen des Philippinen-Grabens diese vulkanische Schicht niemals auf der Oberfläche gefunden wurde; immer ist sie dort vom Tiefseeton bedeckt. Daraus ist zu schließen, daß das normale, den gegenwärtigen Verhältnissen entsprechende Sediment hier der Ton ist und daß der vulkanischen Schicht zur Zeit ihrer Entstehung andere Bedingungen entsprachen,

[1]) In einer Probe aus dem südlichen Grabenteile (5°21′ N.-Br., 127°48′ O.-Lg., 9032 m) kommen Radiolarien in solcher Menge vor, daß das Sediment schon dem Radiolarienschlamm nahe steht.

[2]) Globigerinen wurden in der Oberflächenschicht nur außerhalb des Grabens und nur in kleineren Tiefen gefunden.

worin in erster Linie eine ehemals größere Intensität der vulkanischen Tätigkeit in dieser Gegend zu verstehen ist. Dies stimmt mit der Geschichte des Vulkanismus der Philippinen überein, der von seinem Maximum beginnend, welches wahrscheinlich mit der Faltung gegen Ende des Tertiärs zusammenfällt, stetig an Stärke abnimmt[1]).

Zu weiter gehenden Schlüssen führt die Grundprobe, die aus der größten bisher bekannten Meerestiefe von 9788 m (9°56′ N.-Br., 126°50′ O.-Lg.) stammt. Unter einer 8·5 cm dicken Schicht von braunem Ton liegt hier vulkanischer Tuff, und in diesem wurden gut erhaltene Globigerinen-Schalen gefunden. Ihr Vorkommen in der kolossalen Tiefe, wo normalerweise alles Kalkmaterial aufgelöst wird, ist höchst merkwürdig. Dr. Horn erklärt es durch die Annahme, „daß der schnell niedersinkende Tuff die vielleicht noch lebenden Globigerinen mitgerissen und eingebettet hat, ehe die zarten Kalkschalen aufgelöst wurden“.

Die Erklärung scheint mir wenig überzeugend zu sein. Es ist schwierig, sich eine Tuffschicht vorzustellen, die auf ihrem langen Wege (9·8 km!) von der Meeresoberfläche bis zum Grunde die begleitenden Globigerinen umhüllen und vor Auflösung schützen könnte; auch ist zu bemerken, daß die Kalkschalen nahe der Oberfläche der vulkanischen Schicht gefunden wurden, also dem Endstadium der Ablagerung dieses Materials entsprechen.

Die Schichtung der Tiefseesedimente, d. h. die Veränderlichkeit ihrer Zusammensetzung in vertikaler Richtung, ist am Boden der heutigen Meere schon öfters festgestellt worden. Im Gegensatz zu den früheren Anschauungen (Thoulet) darf sie, seit der „Gauss“-Expedition, fast als Regel angesehen werden. Eingehend hat sich mit dieser Erscheinung Philippi beschäftigt, und seine Arbeiten haben auf das Problem ein ganz neues Licht geworfen[2]).

Uns interessiert hier speziell diese Art von Schichtung, bei welcher ein Unterschied im Kalkgehalt zwischen dem oberen und dem unteren Teil des Sedimentes besteht. In unserem Falle ist die obere Schicht kalkfrei, die untere kalkhaltig. Philippi nennt das „ab-

[1]) G. Becker: Rep. on the geology of the Philippine-Islands. Washington 1901. — K. Schneider: Die vulkanischen Erscheinungen der Erde. Berlin 1911.

[2]) Die Grundproben der Deutschen Südpolar-Expedition 1901—1903. (Deutsche Südpolar-Expedition, Bd. II, Heft VI, Berlin 1910) und: Über das Problem der Schichtung und über Schichtbildung am Boden der heutigen Meere. (Zeitschr. der deutschen geolog. Gesellschaft, Bd. 60, 1908).

norme Schichtung" und erklärt es durch jugendliche Krustenbewegungen am Meeresboden. Die untere Schicht entspricht einem seichteren Meere, in welchem die Kalkschalen unaufgelöst den Boden erreichen konnten; später senkte sich der Meeresboden zu Tiefen, in welchen nur ein kalkfreies Sediment abgelagert werden konnte; dieses bildet die obere Schicht. Es gibt zwar für ähnliche Erscheinungen verschiedene andere Erklärungsmöglichkeiten, doch besitzt die geschilderte in unserem Falle den größten Grad der Wahrscheinlichkeit.

Der Kalkmangel der sich weiter bildenden Oberflächenschicht entspricht der gegenwärtigen Meerestiefe; diese bewirkt, daß die Kalkpartikelchen nicht den Meeresboden erreichen. Aber diese große Tiefe bestand hier nicht immer. Der Philippinen-Graben ist eine geologisch junge Form, und auch nach ihrer Entstehung ist das Gebiet ja keineswegs unbewegt geblieben. Es bildet einen Teil dieses eigentümlichen, pazifischen, an Vulkanausbrüchen und Erdbeben reichen „Feuerringes", der die große Phase der Gebirgsbildung gegen das Ende des Tertiärs durchgemacht hat, aber noch von Nachwirkungen derselben betroffen wird und das Gleichgewicht noch nicht erreicht hat [1]). Von jungen Krustenbewegungen im Gebiete des Philippinen-Archipels und von ihren Spuren in der Form des Tiefseegrabens war übrigens schon früher die Rede.

Wenn also ein Problem, das mit der Vergangenheit eines solchen Gebietes zusammenhängt, durch Annahme einer Krustenbewegung gelöst werden kann, so muß diese Erklärung als die wahrscheinlichste angesehen werden. Die Globigerinen kommen am Boden des Grabens in der unteren Schicht vor, weil zur Zeit ihrer Ablagerung das Meer weniger tief war,— eine Senkung des Meeresbodens hat dann die gegenwärtigen gewaltigen Tiefen hervorgerufen, denen das heutige kalkfreie Sediment entspricht.

Nun erhebt sich die Frage, wie groß diese Senkung war. Da, wie bekannt, kalkhaltige Sedimente nicht unter 6000—7000 m hinunterreichen und größere Tiefen in der Regel kalkfrei sind,

[1]) G. Becker a. a. O. — M. Saderra y Masó: Volcanoes and seismic centers of the Philippine Archipelago. (Census of the Philipp. Isl. Bull. III, 1904). — F. de Montessus de Ballore: Les tremblements de terre. Géogr. seismologique, Paris 1906.

muß angenommen werden, daß zur Zeit der Ablagerung der Globigerinen das Meer höchstens diese Grenztiefe besaß, was einer nachfolgenden Senkung von mindestens 3000—4000 m entspricht.

Das Sedimentprofil aus der größten Meerestiefe registriert demnach drei Momente aus der Geschichte des Tiefseegrabens:

1. Seichteres Meer, — gleichzeitig intensive vulkanische Tätigkeit im Nachbargebiete, — Ablagerung von Tuffen.

2. Senkung des Meeresbodens um einige Tausend Meter.

3. Sehr tiefes Meer, — Erlahmung der vulkanischen Tätigkeit, — Ablagerung von tonigem Sediment (= Gegenwart).

Die Zeit der Bewegung läßt sich nicht genau feststellen. Jedenfalls erfolgte sie nach dem Maximum der vulkanischen Tätigkeit im Philippinen-Gebiete, sie ist also postmiozänen Alters. Das ist die erste Altersgrenze; die zweite bleibt unsicher. Sie kann ziemlich weit hinaufgeschoben werden, da die Globigerinen-führenden Tuffe auch mit viel späteren Eruptionen zusammenhängen können. Nach Becker (a. a. O.) beträgt die Zahl der gegenwärtig auf den Philippinen-Inseln tätigen Vulkane 11, die Zahl der im Diluvium-Alluvium in Wirkung gewesenen 49. Noch in jüngster Vergangenheit spielte hier also der Vulkanismus eine viel größere Rolle als in der Gegenwart.

Aus der Mächtigkeit der nach erfolgter Senkung abgelagerten Tonschicht (8·5 cm) kann auch kein sicherer Schluß über die Länge der seither verflossenen Zeit gezogen werden, da wir von der Geschwindigkeit der Sedimentbildung noch recht wenig wissen. Es muß aber bemerkt werden, daß wir hier keineswegs mit typischem „rotem Tiefseeton“ zu tun haben, dessen sehr langsame Bildungsweise bekannt ist, sondern mit einem Sediment, bei dem vulkanische und auch kontinentale Beimengungen (in der besprochenen Probe wurden Quarzkörner bis zu 0·15 mm Durchmesser und darüber gefunden) eine wesentliche Rolle spielen [1]). Seine Bildung muß viel schneller erfolgt sein, als die einer rein pelagischen Ablagerung bei ähnlichen bathymetrischen Verhältnissen [2]).

Der Punkt, aus dem die Grundprobe heraufgeholt wurde, liegt

[1]) E. Horn, a. a. O. — Derselbe bezeichnet das Sediment kurzweg als „Schlick“.

[2]) Außer der Küstennähe ist auch die Morphologie des Grabens nicht ohne Bedeutung für die Geschwindigkeit der Sedimentbildung in den Maximaltiefen. Die am Boden festgestellten Böschungen von 7—8° (wahrscheinlich kommen viel

in der Achse der früher besprochenen transversalen Senkungszone (III), die sich im Bilde des Grabens und des Archipels so deutlich ausprägt, und der ein postpliozänes Alter zugeschrieben wurde. Die mächtige Krustenbewegung, auf die der Globigerinen-Fund in der größten Meerestiefe deutet, dürfte wohl mit der Senkung, die diese Zone in junger Vergangenheit betroffen hat, zusammenhängen.

Wie dem auch sei, sowohl die Morphologie der tiefsten Einsenkung, die wir am Meeresboden kennen, wie die Sedimentfolge an ihrem Boden sprechen für die Richtigkeit der von Suess im „Antlitz der Erde" ausgesprochenen Vermutung: daß „die größten Tiefen auch die jüngsten sind".

größere vor) lassen vermuten, daß es an den steilen Abhängen zu sog. „subaquatischem Hanggefließe" (Hahn, N. Jahr. f. Min. 1913, XXXVI, Beil.-Bd.) kommt, folglich zur Anhäufung des Sedimentes am Boden der Einsenkung.

BULLETIN INTERNATIONAL
DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES DE CRACOVIE
CLASSE DES SCIENCES MATHÉMATIQUES ET NATURELLES.
SÉRIE *A*: SCIENCES MATHÉMATIQUES.

DERNIERS MÉMOIRES PARUS.

(Les titres des Mémoires sont donnés en abrégé).

Avis.

Le «*Bulletin International*» de l'Académie des Sciences de Cracovie (Classe des Sciences Mathématiques et Naturelles) paraît en deux séries: la première (*A*) est consacrée aux travaux sur les Mathématiques, l'Astronomie, la Physique, la Chimie, la Minéralogie, la Géologie etc. La seconde série (*B*) contient les travaux qui se rapportent aux Sciences Biologiques. Les abonnements sont annuels et partent de janvier. Prix pour un an (dix numéros): Série *A* ... 8 K; Série *B* ... 10 K.

Les livraisons du «*Bulletin International*» se vendent aussi séparément.

Adresser les demandes à la Librairie «G. Gebethner & Cie»
Rynek Gł., Cracovie (Autriche).